

ハイブリッドロケットの搭載可能量(キャパシティ)増加への大型化_2014 年度末報告書

2015 年 3 月 5 日

和歌山大学宇宙開発プロジェクト (WSP)

ミッションリーダー

寺石拓矢	教育学部	B2
------	------	----

ミッションメンバー

大国友篤	システム工学部	B4	横山佳紀	システム工学部	B4
辻田 瞭	システム工学部	B4	平尾千紗都	経済学部	B3
横谷晟人	システム工学部	B3	木戸佑輔	システム工学部	B3
島野侑加	システム工学部	B2	前田健吾	システム工学部	B2
加藤鉦規	システム工学部	B2	磯川 心	観光学部	B1
岡田泰修	システム工学部	B1	鈴木喬明	システム工学部	B1
武田 凌	システム工学部	B1	碓間拓郎	経済学部	B1
広瀬僚平	システム工学部	B1			

1. 概要

ハイブリッドハイブリッドロケット製作・打ち上げを学生自身の手で行った。和歌山大学宇宙開発プロジェクト(WSP) (以下 WSP) の新たなメンバーとなった新入生へ上級生から技術の継承をし、プロジェクトとして存続できるようにする。工作加工技術の習得と同時に、製作過程で行わなければならないプロジェクトマネジメント力を身につける。

また、和歌山市加太のロケット発射場の利用について学生の手で活発にしていく準備を始める予定である。これまで和歌山大学がハイブリッドロケットの打ち上げ実験を行ってきたコスモパーク加太は、WSP や関西でのロケットガール&ボーイ養成講座 (以下ロケガ)、その他限られた団体のみ使用されてきた。WSP は、コスモパーク加太のロケット打ち上げ実験場を利用できる団体が多くなり、実験場としての利用を活発にするために整備を行う。

さらに、過去の打ち上げの記録やデータを回収し、同じ失敗を繰り返さないようにデータベースを作成する予定である。

2. 到達目標

4月当初では以下のように到達目標を設定した。

- ① ロケット全機体の回収
- ② 加速度センサー・ジャイロセンサーでデータの取得
- ③ 加速度センサー・ジャイロセンサーを用いての開放機構の作動を行う
- ④ ロケットの大型化
- ⑤ カメラを用いての映像データの収集

3. 内容

3. 1 7月13日(日)のコスモパーク加太ロケット打ち上げ実験

7月13日(日), コスモパーク加太にて, ハイブリッドロケットの打ち上げ実験を行った。新たに加入した学生のハイブリッドロケット製作・打ち上げ技術の習得と2013年度は実践できなかった各種データの取得, また, 能代宇宙イベントに向けてハイブリッドロケット運用経験を積むことを目的とした。また, コスモパーク加太の運用の活発化を目指して, 実験実施の打ち上げ見学を行った。

目標到達高度を400mとし, 機体内部にはカメラ, 加速度センサー, ジャイロセンサー, を搭載した。

機体概要について記す。全長1500mm, 直径89mm, 重量4.2kg, エンジンHyperTEK I205 300cc 125Jを使用した。機体メインチューブは塩ビパイプ(VU75)を使用し, パーティション, エンジンマウントとしてアルミ円盤をボルトで固定した。タイマー式の分離機構を使用してパラシュートを放出し, 回収する方式とした。図1に機体概要, 表1に機体仕様を示す。

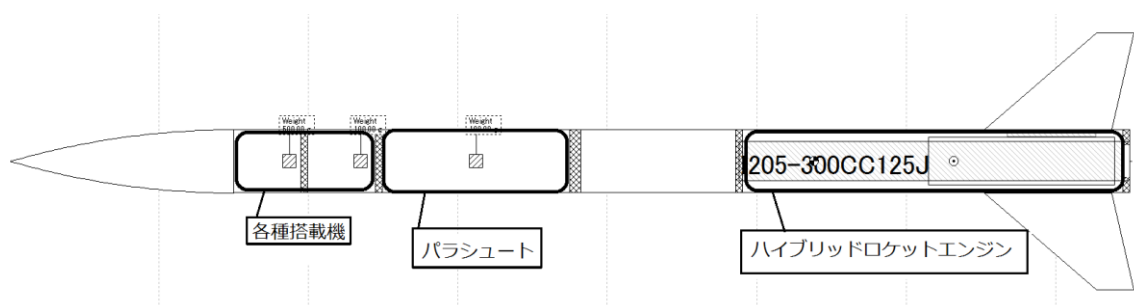


図1 WP-7 概要図と寸法

表1 WP-7 仕様

名称	WP-7
全長[mm]	1500
直径[mm]	83
乾燥重量[g]	3020
空力中心位置[mm]	1260

重心位置[mm]	1080
使用エンジン	HyperTEK I205 300cc 125J
到達予想高度[m]	400
機体色	黄緑色を基調とする
回収方法	頂点付近でパラシュートを放出し、減速しながら落下。目視で追尾して着地を確認したのち、回収を行う。
搭載物	ハイブリッドロケットエンジン 分離機構 パラシュート ジャイロセンサ 加速度センサ センサデータ保存回路

※空力中心位置，重心位置はいずれも機体先端からの距離である。

※乾燥重量，重心位置，到達予想高度は設計値(SpaceCAD)である。

3. 2 能代宇宙イベント

今回，記念すべき 10 回目の能代宇宙イベントへの参加になった。一般公開日でのハイブリッドロケットの打ち上げであるため，機体を損傷させずに絶対回収を目標に掲げ実験に取り組んだ。昨年度運用機体より 1 段階大きな J 型のモータを用い，本体には塩ビ管より強度の高い GFRP(ガラス繊維強化プラスチック)チューブを使用した。加速度センサ及びそのデータを保存する回路により，データを取得することを試みた。

能代宇宙イベントでの打上実験は，以下の点を目的とした。

- ・メインチューブとして GFRP を使用したロケットの打ち上げを行う。
- ・ロケットの分離を確実にを行い，パラシュートを展開させる。
- ・パラシュートの開傘によるオープニングショックにより機体が損壊しない。
- ・加速度センサ及びそのデータを保存する回路により，データを取得する。
- ・1 年生は 7 月加太打上実験の経験を生かして，自らで考えて動けるようにする。

機体概要は，全長 1700mm，外径 102mm で，メインチューブが GFRP 製のハイブリッドロケットであった。缶サットは搭載していない。GP-2 号



図 2 GP-2 号機の外観

機の外観を図 2，機体概要を図 3 に示す。

離床重量：5.3kg 目標到達高度：350m

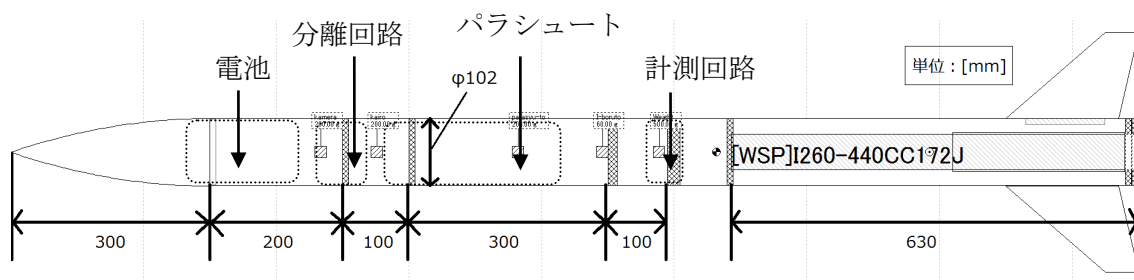


図 3 機体概要

分離機構の仕様を以下に示す。

機体横の扉をテグスで機体本体に締結し，機体内部に設置した電熱線で焼き切ることで分離を行う。図 4 に分離機構の仕組みを示す。

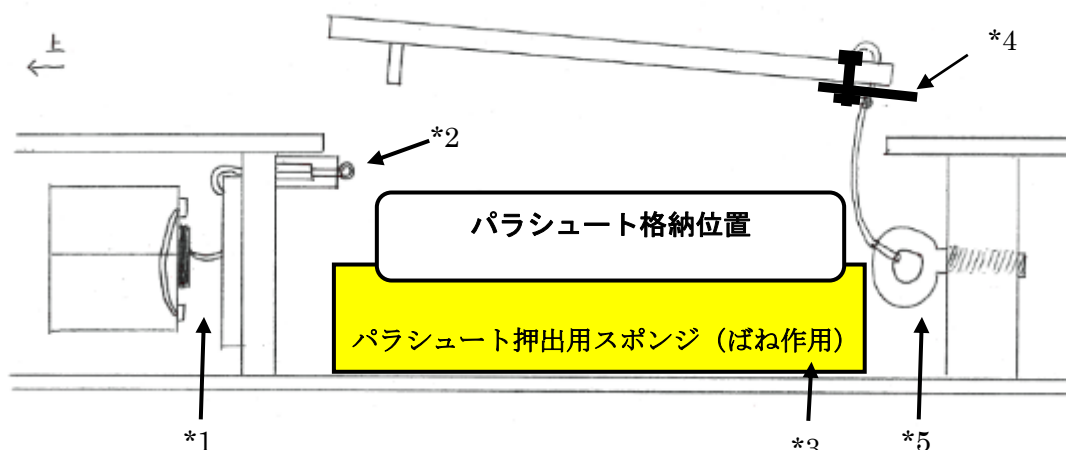


図 4 分離機構概要

*1：分離回路 *2：電熱線 *3：パラシュート押出用スポンジ *4：扉下部の爪
*5：アイボルト(M10)

分離機構の仕組みを記す。機体外部に設置したピンプラグとランチャに結び付けたジャンパピンが離床によって外れることによって離床を検出する。事前に算出しておいた頂点に達すると思われるまでの時間を分離回路によって計測したのち，電熱線を加熱することでテグスを焼き切ることで扉の固定を解除する。固定が解除された扉はパラシュート押出用スポンジによる内圧で外に押し出され，パラシュートが放出，開傘するという設計にした。

3. 3 コスモパーク加太の運営体制の整備

3. 3. 1 背景

2014 年 8 月に秋田県能代市で開催されている，能代宇



図 5 コスモパーク加太

宙イベントが 10 回目を迎えた。日本には、能代市と同じく北海道大樹町・伊豆大島などにハイブリッドロケットの打ち上げ実験場がある。和歌山県コスモパーク加太も重要拠点の一つである。能代では、学生主体の運営により毎年、実験参加者だけで数百人を超える大規模な宇宙イベントが開催され、伊豆大島でも学生が全体統括を行い、共同実験を行うようになってきた。コスモパーク加太は他の射場と比べても便利な場所にあり、利用もしやすいであろうと考え、ロケットの打ち上げ実験場としての活性化を図りたいと考えている。図 5 がコスモパーク加太である。

高知工科大学と徳島大学のコスモパーク加太でのハイブリッドロケットの打ち上げ実験の希望、大阪府立大学の cold ロケットの打ち上げ実験の希望、立命館大学のモデルロケット打ち上げ実験の希望もあり、2015 年 3 月に 5 大学、ロケガ、1 高校のロケットの打ち上げ共同実験が実現しようとしている。多くの団体の参加により人員に余裕ができたため、コスモパーク加太で一般の方の参加ができるイベントを開催するに至った。一般参加者の楽しめるイベントや出し物とロケットの打ち上げ共同実験の同時開催を大きくまとめて今後加太宇宙イベントとして発展させたい。

3. 3. 2 安全にロケット打上実験を実施するために

各団体が大型ロケットを安全に打ち上げるために安全審査を実施した。能代宇宙イベントと同じく書類での提出とした。

以下に作成した安全審査基準項目の内容を記載する。下記に基づいて打ち上げ実験責任者と安全管理教員責任者で審査を行う。

<空力中心制御のため>

- ・FST が 10%~20%におさまっていること

<航空法より>

- ・最高到達高度が 400m 以内であること

<機体強度について>

- ・エンジン上部の仕切りが推力により変形、破損、脱落しないこと
- ・エンジン下部の仕切りがパラシュートが開いた時のオープニングショックにより変形、破損、脱落しないこと

- ・オープニングショックによりパラシュートマウントが変形、破損、脱落しないこと

<ランチラグの締結について>

- ・1 つはエンジン下部に締結すること
- ・レールの破損を防ぐため 2 か所のランチラグであること

<フィンの締結について>

- ・フィンがランチャに当たらないこと

<ランチャクリア速度について>

- ・「15m/s~20m/s 以上」を満たしかつ「最高横風の 3



図 6 加太宇宙イベントで使用する和歌山大学保有のランチャ

倍～4倍」であること

<落下分散について>

- ・弾道落下する場合、危険範囲内におさめること
- ・パラシュートが開いた場合、敷地内におさめること

学生主体の加太宇宙イベントは、「2015年3月27日(金)～29日(日)」を予定している。ハイブリッドロケットやモデルロケットの打ち上げをはじめ、見学者による水ロケットやA型ロケットの打ち上げなど一般参加者を募るイベントも計画している。見学者にも宇宙を身近に感じていただけるようなイベントにしていきたい。射点の様子が図6である。参加団体リストが表3である。

表2 参加団体一覧

参加団体名
高知工科大学 KUT Rocket Project
徳島大学工学部創成学習開発センターロケットプロジェクト
和歌山大学宇宙開発プロジェクト (WSP)
ロケットガール&ボーイ養成講座
洛陽工業高校
大阪府立大学小型宇宙機システム研究センター ロケットプロジェクト
立命館大学

3.4 公開体験学習会・おもしろ科学祭りでの出展

2014年11月23日に和歌山大学・協働教育センター(クリエ)主催の公開体験学習会に参加した。公開体験学習会とは、和歌山大学における研究・教育活動を紹介し、地域の方々を知っていただく機会として毎年行っているイベントであり、小学生から一般の方まで、様々な人たちにWSPの紹介ができた。

WSPの活動内容として、紙ロケットをそれぞれに作ってもらい、それを空気の力でどれだけ飛ばせるかということを経験してもらった。それぞれで自分好みのロケットを作ってもらい、ロケットの長さや大きさ、フィンの数によって飛ぶ距離や飛び方が変わるということを経験してもらったことで、ロケットの面白さを理解してもらえたように思う。

反省点としては、事前の準備が足りず、当日にあたふたすることが多かった。また、人員が足りず、やってきた人の対応、特に子供への対応があまりうまくできなかった。来年度は反省点を踏まえ、事前準備を怠らず、作業に従事する人員もより多く確保しようと考えている。

また、2014年12月13日・14日に和歌山大学で開催されたおもしろ科学まつりに参加した。



図7 風船ロケットの製作風景

おもしろ科学まつりとは、子どもたちに科学を楽しく体験してもらうものである。おもしろ科学まつりに来る人は主に子供たちが多く、年齢に関係なく誰でも見学することが可能であり、さまざまな方に WSP の活動紹介ができた。

WSP の活動内容としては、風船でつくったロケットを飛ばしてどれだけ遠くまで飛ぶかをそれぞれで体験してもらうというものである(図7)。また、この風船ロケットは、風船のふくらまし方や、フィンの数や位置、重りの位置などによって飛ぶ距離や飛び方が大きく変わり、どうすれば上手に飛ばせるかを自分自身で考えることによって、ロケットの難しさ、面白さが伝わったのではないかと思う。また、ロケットを作っている子供たちの横で、ロケットを投げたり、子供が走り回ったりすると危ないので、安全面を特に気をつけ、ロケットの製作場所と飛ばす場所をきっちりと分けた。

反省点としては、風船の種類の中には、割れやすいものも混じっており、ロケットを作っている途中やロケットを飛ばしている最中に風船が割れてしまうということが何度も起こった。他にも、作業を手伝う人や監督する人の数が足りず、手が回らない状況になったり、セロハンテープなどの道具が足らなくなったりした。こういったことを踏まえて、次回また風船ロケットをするときには、人員をより多く確保し、風船ロケットに必要なものを準備して、風船もできるだけ割れにくいと思われるものを使うようにしようと考えている。

4. 結果

4. 1 7月13日(日)のコスモパーク加太ロケット打ち上げ実験

打ち上げは行われず、失敗に終わった。14:00 打ち上げ枠では、機体整備が間に合わず打ち上げを中止した、15:00 打ち上げ枠では、ランチシステムに正確にグレインを装着できず、N₂O の充填に失敗し打ち上げを中止した。打ち上げる予定だったロケットは以下の図8である。

機体(構造、空力)については設計図通りに製作できた。ただし、搭載計器に関しては、調整が間に合わず、搭載を断念せざるを得なかった。準備期間に余裕を持たせるべきであったと考える。分離機構については作動テストでもきちんと動作していたので完成していた。燃焼(GSE, エンジン)についてはシーケンス表に記載されている所要時間内で準備することができた。機体搬入がシーケンス表より遅れたため、ランチシステム装填に十分な時間が確保できず、焦ってしまった。その結果、エンジンに正確にランチシステムを装着できていないことに気づくことができず、N₂O が機体下部より漏れてしまった。シーケンス表を意識して指示出来れば、焦ることなく打ち上げを行うことが出来たと推測できる。



図8
7月13日(日)
打ち上げ予定
だったロケット

前日の念入りな準備、役割の確認ができておらず、当日シーケンス表を意識しての行動もできていなかったことが原因である。ロケットの打ち上げは行えなかったが、ランチャーの組立て、燃焼の準備、機体整備を一回生は経験することができたので、8月に控える能代宇宙イベントに率先力となることを期待する。

4.2 能代宇宙イベントロケット打ち上げ実験結果

打上実施日時：2014年8月17日（日）11:00 定刻

打ち上げ10分前の風向風速：北西の風 1.1m/s

ロケット製作については、ほぼ設計通りの高い完成度で製作できた。

打ち上げシーケンスは、筑波大と同ランチャ（ASSP ランチャ）のため同時進行での射点での作業であったがシーケンス通りほぼ遅れはなく、GSEに関してはトラブルの発生もなかった。燃焼に関しては、ランチクリア後機体が振れることなくまっすぐと上空へと上昇した。分離機構の動作を目視したが、パラシュートの開傘はされずロケットの減速が行われなかったためロケット上部が損傷した。

<今回の実験目的と結果>

- ・メインチューブとしてGFRPを使用したロケットの打ち上げを行う。
→成功
- ・ロケットの分離を確実にを行い、パラシュートを展開させること。
→ロケットの分離は成功したが、パラシュートの展開は失敗
- ・パラシュートの開傘によるオープニングショックにより機体が損壊しないこと。
→パラシュートの開傘に失敗したため、確認できず
- ・加速度センサ及びそのデータを保存する回路により、データを取得すること。
→独自のセンサは間に合わず、搭載していない。
- ・一年生は7月ロケットの経験を生かして、自らで考えて動けるようにすること。
→打ち上げ実験前に練習や振り返りをし、さらに技術交流会などで、自団体の機体の説明を行うことで、経験を積んだ。

以下に、打上後の機体の写真を示す。



図9 着地したロケットの様子



図10 破損したロケット上部

今回、分離機構の動作が正常に行われなかったことから機体が弾道落下した。本方式は数年前から採用している方式であるが、分離の失敗が目立ってきているため、パラシュートの放出方法含め分離機構の全体的な構造に関して見直していく必要がある。

独自の搭載機器として、加速度センサと記録回路を搭載する予定であったが、搭載スペースと製作スケジュールの関係で搭載を見送ることとなった。

今回、パラシュートが開かれなかったことがロケットを損傷なしで回収できなかった主な原因である。分離機構の動作後に確実にパラシュートを開傘させるような機構を検討する必要がある。自団体に製作したセンサの搭載を行い、データの取得も行いたいと考えている。さらに、機体搭載カメラなどでの映像の取得を行い、広報活動もしていきたい。

打上の運用に関しては、例年であるが少人数での打上のため、万一1人でも欠けてしまうと運用が困難になるような状況であったため、人員確保も今後の課題であるといえる。

5. 今後の展望

能代宇宙イベントでは、J型エンジンの実装を行った。今後機体の大型化を行うにあたって一歩を踏み出せたと感じている。また、カメラを使用しての映像の取得を行い広報の力となるようにしたい。

WSPでは、コスモパーク加太の射場が、近畿以西の団体やハイブリッドロケット打ち上げにおける新規団体の打ち上げ実験場として打ち上げ実験を行える場所になり、繁栄することを期待している。また、地元や関西の方が宇宙を身近に楽しめる場となるよう提供し、加太のメインイベント、和歌山市の注目イベントとなっていくことを目指す。